



**Europäisches
Patentamt**

**European
Patent Office**

**Office européen
des brevets**



Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

00102813.3

Der Präsident des Europäischen Patentamts:
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

I.L.C. HATTEN-HECKMAN

DEN HAAG, DEN
THE HAGUE, 05/09/00
LA HAYE, LE

This Page Blank (usp10,



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Blatt 2 der Bescheinigung
Sheet 2 of the certificate
Page 2 de l'attestation

Anmeldung Nr.:
Application no.: 00102813.3
Demande n°:

Anmeldetag:
Date of filing: 11/02/00
Date de dépôt:

Anmelder:
Applicant(s):
Demandeur(s):
Endress + Hauser Flowtec AG
CH-4153 Reinach BL 1
SWITZERLAND

Bezeichnung der Erfindung:
Title of the invention:
Titre de l'invention:
Programmierbares Feldgerät

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat: EP
State:
Pays:

Tag: 18/10/99
Date:
Date:

Aktenzeichen:
File no.
Numéro de dépôt:

EPA 99120713

Internationale Patentklassifikation:
International Patent classification:
Classification internationale des brevets:

/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:
Remarks:
Remarques:

This Page Blank (uspto)

Programmierbares Feldgerät

EPO - Munich
62

11 Feb. 2000

Die Erfindung betrifft ein programmierbares Feldgerät mit einer Feldgeräte-Elektronik und ein Verfahren zu deren Rekonfiguration.

5

In der Prozeß-Automatisierungstechnik werden zur Erzeugung von analogen oder digitalen, Prozeß-Meßgrößen repräsentierenden Meßsignalen bevorzugt Feldgeräte eingesetzt. Bei den Prozeß-Meßgrößen kann es sich z.B. um
10 einen Massendurchfluß, einen Füllstand, einen Druck, eine Temperatur etc., handeln, die mittels entsprechender Meßwert-Aufnehmer erfaßt werden.

Üblicherweise sind derartige Feldgeräte über ein
15 entsprechendes Datenübertragungs-System miteinander und mit entsprechenden Prozeß-Leitrechnern verbunden, an das sie die Meßsignale z.B. via (4 mA bis 20 mA)-Stromschleife und/oder via digitalen Daten-Bus senden. Als Datenübertragungs-Systeme dienen, insb. serielle,
20 Feldbus-Systeme, wie z.B. PROFIBUS-PA, FOUNDATION FIELDBUS, CAN-BUS etc. sowie die entsprechenden Übertragungs-Protokolle.

Mittels der Prozeß-Leitrechner werden die übertragenen
25 Meßsignale weiterverarbeitet und als entsprechende Meßergebnisse z.B. auf Monitoren visualisiert und/oder in Steuersignale für Prozeß-Stellglieder, wie z.B. Magnet-Ventile, Elektro-Motoren etc., umgewandelt.

30 Neben der primären Funktion, nämlich der Erzeugung von Meßsignalen, weisen moderne Feldgeräte zahlreiche weitere

Programmierbares Feldgerät

Die Erfindung betrifft ein programmierbares Feldgerät mit einer Feldgeräte-Elektronik und ein Verfahren zu deren Rekonfiguration.

5

In der Prozeß-Automatisierungstechnik werden zur Erzeugung von analogen oder digitalen, Prozeß-Meßgrößen repräsentierenden Meßsignalen bevorzugt Feldgeräte eingesetzt. Bei den Prozeß-Meßgrößen kann es sich z.B. um
10 einen Massendurchfluß, einen Füllstand, einen Druck, eine Temperatur etc., handeln, die mittels entsprechender Meßwert-Aufnehmer erfaßt werden.

Üblicherweise sind derartige Feldgeräte über ein
15 entsprechendes Datenübertragungs-System miteinander und mit entsprechenden Prozeß-Leitrechnern verbunden, an das sie die Meßsignale z.B. via (4 mA bis 20 mA)-Stromschleife und/oder via digitalen Daten-Bus senden. Als Datenübertragungs-Systeme dienen, insb. serielle,
20 Feldbus-Systeme, wie z.B. PROFIBUS-PA, FOUNDATION FIELDBUS, CAN-BUS etc. sowie die entsprechenden Übertragungs-Protokolle.

Mittels der Prozeß-Leitrechner werden die übertragenen
25 Meßsignale weiterverarbeitet und als entsprechende Meßergebnisse z.B. auf Monitoren visualisiert und/oder in Steuersignale für Prozeß-Stellglieder, wie z.B. Magnet-Ventile, Elektro-Motoren etc., umgewandelt.

30 Neben der primären Funktion, nämlich der Erzeugung von Meßsignalen, weisen moderne Feldgeräte zahlreiche weitere

Funktionalitäten auf, die ein effizientes und sicheres Führen des zu beobachtenden Prozesses unterstützen. Dazu zählen u.a. solche zusätzlichen Funktionen, wie die Eigenüberwachung des Feldgerätes, das Abspeichern von

5 Meßwerten, das Erzeugen von Steuersignalen für Stellglieder, etc. Aufgrund dieser hohen Funktionalität der Feldgeräte können in zunehmendem Maße Prozeß leitende Funktionen in die Feld-Ebene verlagert und somit die Prozeßführungs-Systeme entsprechend dezentral organisiert

10 werden. Ferner betreffen diese zusätzlichen Funktionalitäten z.B. auch die Inbetriebnahme des Feldgerätes sowie dessen Anbindung an das Datenübertragungs-System.

15 Diese und weitere Funktionen der Feldgeräten sind üblicherweise mittels einer Feldgeräte-Elektronik realisiert, die einen Mikro-Computer und in diesen entsprechend implementierte Software umfaßt. Die Software wird vor oder während der Inbetriebnahme des Feldgerätes

20 in einen permanenten Speicher, z.B. einen PROM oder einen nicht-flüchtigen, persistenten Speicher, z.B. eine EEPROM, des Mikro-Computers einprogrammiert und ggf. für den Betrieb des Feldgerätes in einen flüchtigen Speicher, z.B. einen RAM, geladen.

25 Die mittels der Feldgeräte beobachteten Prozesse unterliegen sowohl hinsichtlich der baulichen Ausführung der Anlagen als auch hinsichtlich der zeitlichen Abfolgen einzelner Prozeßschritte einer steten Modifikation. In

30 entsprechender Weise sind auch die Feldgeräte den sich ändernden Prozeßbedingungen anzupassen und weiter zu entwickeln. Dies erstreckt sich einerseits auf die Meßwert-Aufnehmer, andererseits aber vor allem auch auf die implementierten Funktionen, wie z.B. die Ansteuerung

des Meßwert-Aufnehmers, die Auswertung der Meßsignale oder die Präsentation der Meßergebnisse sowie die Kommunikation mit dem Datenübertragungs-System.

- 5 Für derartige Rekonfigurationen der in der Feldgeräte-Elektronik implementierten Funktionen sind in programmierbaren Feldgeräten vorwiegend entsprechende Änderungen der gespeicherten Software erforderlich. Diese Rekonfigurationen werden üblicherweise mittels einer an
- 10 das Feldgerät angeschlossenen Bedieneinheit vor Ort vorgenommen und können z.B. Änderungen einzelner Meßgeräte-Parameter oder auch das Laden von kompletten Auswerte-Programmen umfassen.
- 15 Eine Möglichkeit zur Realisierung der Rekonfigurationen besteht darin, die zu ändernden Software enthaltende Speicher durch die geänderte Software enthaltende Speicher zu ersetzen, was z.B. durch ein Umstecken einzelner Speicher-Elementen oder durch Auswechseln der
- 20 entsprechenden Speicher-Platinen erfolgen kann. Dies ist mit einem sehr hohen Installations-Aufwand verbunden, da für derartige Rekonfigurationen das Gehäuse des Feldgerätes zu öffnen und letzteres dem entsprechend abzuschalten ist. Ein weitere Nachteil ist, daß bei
- 25 dieser Rekonfiguration ggf. die betreffenden Anlagenbereiche ebenfalls außer Betrieb zu nehmen sind.

Bei der Verwendung von nicht-flüchtigen Speicher-Elementen zum Speichern der Software besteht eine weitere

30 Möglichkeit zur Rekonfiguration der Feldgeräte-Elektronik darin, die geänderte Software von einem Massespeicher, z.B. einer Diskette, einer CD-ROM oder einem Magnetband, und/oder via Download-Bus in einen flüchtigen Speicher der Signalverarbeitungs-Einheit, z.B. in einen RAM,

herunterzuladen. Daran anschließend kann die entsprechend zu ändernde Software im nicht-flüchtigen Speicher gelöscht und durch die im flüchtigen Speicher befindliche Software ersetzt werden.

5

Für diese Rekonfigurationen muß das Gehäuse Feldgerätes nicht geöffnet werden; das Feldgerät ist jedoch off-line, d.h. außer Meß-Betrieb, zu schalten. Dadurch verringert sich zwar der Zeitaufwand für die Rekonfiguration erheblich, ein allfälliges Abschalten der betroffenen Anlagenbereiche kann jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Ein weiterer Nachteil bei einer derartigen Rekonfiguration besteht darin, das die zu ändernde Software nicht mehr und die geänderte Software noch nicht vollständig geladen sind. Je länger dieser Zustand andauert, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, daß äußere Störungen, z.B. Spannungsschwankungen in der Energieversorgung des Feldgerätes, auftreten. Dies kann aufgrund des relativ hohen Energiebedarfs beim Beschreiben nicht-flüchtiger Speicher und aufgrund der in, insb. eigensicheren, Feldgeräten, üblicherweise geringen Energiereserven dazu führen, daß die zu ladenden Software aus dem flüchtigen Speicher gelöscht werden und somit für die Rekonfiguration nicht mehr verfügbar ist. Dem entsprechend bricht die Rekonfiguration unvollendet ab. Dieser fehlerhaften Zustand kann z.B. durch ein Rücksetzen des Mikro-Computers auf fest einprogrammierte Standard-Einstellungen und ein erneutes Laden der Software überwunden werden, was wiederum zur Verlängerung der Stillstandszeit des Feldgerätes und ggf. des entsprechenden Anlagenbereiches führt.

Einer Verringerung der Fehlerwahrscheinlichkeit durch eine Erhöhung der verfügbaren elektrischen Leistung, z.B. durch zusätzliche, energiespeichernde Akkumulator- und/oder Kapazitäts-Netzwerke, steht jedoch oftmals die
5 Forderung nach Feldgeräte-Elektroniken mit minimalem Raum- und Energiebedarf sowie mit minimalem Schaltungsaufwand entgegen. Ferner ist das Speichervermögen der Energiespeicher-Schaltungen für zahlreiche Anwendungen, insb. in explosionsgefährdeten
10 Bereichen, durch entsprechende Standards auf eine maximale Energiereserve begrenzt.

Eine Aufgabe der Erfindung besteht daher darin, ein programmierbares, insb. eigensicheres, Feldgerät mit
15 einer Feldgeräte-Elektronik anzugeben, die im On-line-Betrieb rekonfigurierbar ist und die während sowie nach dem Rekonfigurieren nicht in einen durch dieses Rekonfigurieren bedingten, undefinierten oder fehlerhaften Zustand versetzt wird. Ferner soll in der
20 Feldgeräte-Elektronik auch nach einem Wegfall der Energieversorgung während des Rekonfigurierens wenigstens die zuletzt ausgeführte Software gespeichert sein.

Zur Lösung der Aufgabe besteht die Erfindung in einem
25 Feldgerät mit einer Feldgeräte-Elektronik zum Erzeugen wenigstens eines eine Prozeßmeßgröße repräsentierenden Meßsignals, bei welchem Feldgerät die Feldgeräte-Elektronik umfaßt:

- eine nicht-flüchtige Datenspeicher-Schaltung zum
30 persistenten Speichern von Software
- mit einem aktivierten ersten Speicherbereich für einen eine erste Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik repräsentierenden ersten Programm-Code und

-- mit einem deaktivierten zweiten Speicherbereich für
einen eine zweite Konfiguration der Feldgeräte-
Elektronik repräsentierenden zweiten Programm-Code,
sowie

- 5 - eine Steuer-Schaltung, die ein dem Deaktivieren des
ersten Speicherbereichs und dem Aktivieren des zweiten
Speicherbereichs dienendes Auswahl-Signal erzeugt.

Ferner besteht die Erfindung in einem Verfahren zum
10 Rekonfigurieren einer Feldgeräte-Elektronik, die umfaßt:

- eine nicht-flüchtige Datenspeicher-Schaltung zum
persistenten Speichern von Software und
- eine Steuer-Schaltung,

welches Verfahren folgende Schritte umfaßt:

- 15 - ein in einem aktivierten ersten Speicherbereich der
Datenspeicher-Schaltung gespeicherter, eine erste
Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik
repräsentierender ersten Programm-Code wird von einem
Rechen-Prozeß ausgeführt,
- 20 - ein erster Konfigurations-Prozeß wird gestartet und in
einem Koordinations-Prozeß registriert,
- der Koordinations-Prozeß gewährt exklusiv dem ersten
Konfigurations-Prozeß einen Daten schreibenden Zugriff
auf einen zweiten Speicherbereich der Datenspeicher-
25 Schaltung,
 - der erste Konfigurations-Prozeß sendet Änderungs-Daten
an den zweiten Speicherbereich, die dem Erstellen eines
eine zweite Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik
repräsentierenden zweiten Programm-Codes dienen, und
- 30 - der Koordinations-Prozeß deaktiviert den ersten
Speicherbereich und aktiviert den zweiten
Speicherbereich.

Nach einer ersten Weiterbildung des Feldgerätes der Erfindung umfaßt das Feldgerät einen an die Feldgeräte-Elektronik angeschlossenen, auf die Prozeßmeßgröße reagierenden Meßwert-Aufnehmer.

5

Nach einer zweiten Weiterbildung des Feldgerätes der Erfindung umfaßt die Datenspeicher-Schaltung einen deaktivierten dritten Speicherbereich für einen eine dritte Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik repräsentierenden dritten Programm-Code.

10

Nach einer ersten Weiterbildung des Verfahrens der Erfindung

15

- wird ein zweiter Konfigurations-Prozeß gestartet und im Koordinations-Prozeß registriert, und
- gewährt der Koordinations-Prozeß exklusiv dem zweiten Konfigurations-Prozeß einen Daten schreibenden Zugriff auf einen dritten Speicherbereich der Datenspeicher-Schaltung.

20

Nach einer zweiten Weiterbildung des Verfahrens der Erfindung gewährt der Koordinations-Prozeß exklusiv dem Konfigurations-Prozeß einen Daten lesenden Zugriff auf den zweiten Speicherbereich.

25

Nach einer dritten Weiterbildung des Verfahrens der Erfindung wird vor dem Starten des Konfigurations-Prozesses der erste Programm-Code in zweiten Speicherbereich eingeschrieben .

30

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß der die momentane Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik repräsentierende erste Programm-Code während des

Rekonfigurierens unverändert geladen und somit die
ausgeführte Software stets in einem konsistenten Zustand
ist. Da die Feldgeräte-Elektronik während des
Rekonfigurierens funktionsfähig ist, kann letzteres somit
5 auch im Betrieb des Feldgerätes durchgeführt werden.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist, daß das
Deaktivieren der ersten Konfiguration und das Aktivieren
der zweiten Konfiguration gleichzeitig erfolgt und auch
10 bei einem Ausfall der externen Energieversorgung mit den
in derartigen, insb. auch in eigensicheren, Feldgeräten
üblicherweise gespeicherten Energiereserve sicher und
konsistent beendet werden kann.

15 Nachfolgend werden die Erfindung sowie weitere Vorteile
anhand von in den Figuren der Zeichnung dargestellten
Ausführungsbeispielen erläutert. Gleiche Elemente sind in
allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen; falls
es der Übersichtlichkeit dienlich ist, wird auf bereits
20 erwähnte Bezugszeichen in nachfolgenden Figuren
verzichtet.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines
programmierbaren Feldgerät mit einer
25 Feldgeräte-Elektronik,
Fig. 2 zeigt schematisch im Blockdiagramm ein
bevorzugtes Ausführungsbeispiel eines
Verfahrens zum Rekonfigurieren einer
Feldgeräte-Elektronik gemäß Fig. 1,
30 Fig. 3 zeigt schematisch im Flußdiagramm eine
zeitliche Abfolge des erfindungsgemäßen
Verfahrens zum Rekonfigurieren einer
Feldgeräte-Elektronik und

Fig. 4 zeigt schematisch im Flußdiagramm eine zeitliche Abfolge einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Rekonfigurieren einer Feldgeräte-Elektronik.

5

In der Fig. 1 ist nach der Art eines Blockschaltbildes ein Ausführungsbeispiel eines Feldgerätes dargestellt, das dazu dient, wenigstens ein eine Prozeßmeßgröße x_{11} , z.B. einen Füllstand in einem Behälter, einen Volumen- und/oder Massedurchfluß eines strömenden Fluids oder einen Druck, einen pH-Wert und/oder eine Temperatur eines Mediums etc., repräsentierendes, analoges oder digitales Meßsignal x_{12} zu erzeugen.

15

Zum Senden von Daten, z.B. des Meßsignals x_{12} , an andere Verfahrens-Prozeß beobachtende und/oder führende Informations-Systeme, z.B. eine speicher-programmierbaren Steuerung und/oder einen Prozeß-Leitrechner, und/oder zum Empfangen von Daten, z.B. zum Empfangen von Einstellwerten, umfaßt das Feldgerät eine Feldgeräte-Elektronik 1, die mittels einer Kommunikations-Schnittstelle 11 mit einem externen Bus-System 2 gekoppelt ist. Derartige Bus-Systeme, z.B. PROFIBUS-PA, 25 FIELDBUS, CAN-BUS etc., realisieren neben der erwähnten Datenübertragung üblicherweise auch die Energieversorgung der angeschlossenen Feldgeräte.

Als Kommunikations-Schnittstelle 11 können sowohl eine 30 Zweileiter-Schnittstelle, z.B. die Standard-Schnittstelle RS-485 oder eine (4 mA bis 20 mA)-Stromschleife, als auch eine Mehrleiter-Schnittstelle, z.B. die Standard-Schnittstellen RS-422, TTY etc., sowie die entsprechenden Übertragungsprotokolle dienen. Je nach Ausführung der

Kommunikations-Schnittstelle 11 ist das Feldgerät entweder direkt oder via REMOTE-I/O-Module an Bus-System 2 anschließbar. Für letzteren Fall kann zur Daten-Übertragung ein SMART-Protokoll, z.B. HART, INTENSOR
5 etc., angewendet werden, bei dem das analogen Meßsignal x_{12} zur Übertragung von digitalen Daten frequenz- bzw. amplituden-moduliert wird.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist an
10 das Feldgerät ferner ein auf die Prozeßmeßgröße x_{11} reagierender Meßwert-Aufnehmer 3 angeschlossen. Dieser Meßwert-Aufnehmer 3 dient dazu, die Prozeßmeßgröße x_{11} zu erfassen und in ein diese repräsentierendes, insb. analoges, Aufnehmer-Signal x_{31} , z.B. einen Signalstrom,
15 eine Signalspannung oder in ein Frequenz-Signal, umzuwandeln. Meßwert-Aufnehmer 3 kann z.B. ein Coriolis-Massedurchfluß-Aufnehmer, ein magnetisch-induktiver Volumendurchfluß-Aufnehmer, ein Druck-Transmitter, eine pH-Elektrodenanordnung, ein Temperatur-Aufnehmer, ein
20 Füllstands-Aufnehmer etc. sein.

Das vom Meßwert-Aufnehmer 3 erzeugte Aufnehmer-Signal x_{31} wird gemäß Fig. 1 einer Konverter-Schaltung 13 der Feldgeräte-Elektronik 1 eingangsseits angelegt, welche
25 Konverter-Schaltung 13 dazu dient, das Aufnehmer-Signal x_{31} in ein digitales Aufnehmer-Signal x_{32} umzuwandeln. Dazu wird das Aufnehmer-Signal x_{31} ggf. in der dem Fachmann bekannte Weise anti-aliasing-gefiltert, abgetastet, gehalten und mittels entsprechender A/D-
30 Umsetzer digitalisiert. Das digitale Aufnehmer-Signal x_{32} ist ausgangsseits der Konverter-Schaltung 13 über einen adressierbaren Signal-Port an einen Daten-Bus eines internen Bus-Systems 12 der Feldgeräte-Elektronik 1 angelegt. Selbstverständlich kann neben dem via

Konverter-Schaltung 13 an das interne Bus-System 12
angeschlossenen Meßwert-Aufnehmer 3 oder anstelle
desselben auch ein weiteres, insb. Meßdaten sendendes,
Feldgerät über eine entsprechende Schnittstelle an das
5 interne Bus-System 12 angeschlossen sein.

Neben der Digitalisierung des Aufnehmer-Signals x_{31} dient
die Feldgeräte-Elektronik 1 ferner dazu, das digitale
Aufnehmer-Signal x_{32} in das Meßsignal x_{12} umzuwandeln
10 sowie dem Daten-Austausch dienende Übertragungs-
Protokolle zu generieren. Ferner liefert die Feldgeräte-
Elektronik 1 ggf. auch der Ansteuerung, insb. der
elektrischen oder elektro-mechanischen Anregung, des
Meßwert-Aufnehmers 3 dienendene Steuer-Signale.

15 Die Meß-Elektronik 1 ist bevorzugt in einem einzigen
Elektronik-Gehäuse des Feldgerätes untergebracht; sie
kann z.B. auch bei modular ausgeführten Feldgeräten mit
einem Meßwert-Aufnehmer-Modul und mit einem Signal-
20 Auswerte-Modul, auf beide Module verteilt angeordnet
sein.

Zur Realisierung der Feldgeräte-Elektronik 1 können z.B.
in der dem Fachmann bekannten Weise ASIC- und/oder SMD-
25 Technologien angewendet werden.

Während der Betriebszeit von Feldgeräten der
beschriebenen Art werden üblicherweise seitens des
Anwenders und/oder seitens des Herstellers ein oder
30 mehrere Änderungen von dem Betreiben des Feldgerätes
dienenden, in der Feldgeräte-Elektronik 1 implementierten
Signalverarbeitungs-Routinen veranlaßt, die z.B.
Rekalibrierungen der Feldgeräte-Elektronik 1,
Verbesserungen implementierter Auswerte-Verfahren

und/oder Modifikationen von Übertragungs-Protokollen umfassen können.

- In modernen Feldgeräten sind daher solche
- 5 Signalverarbeitungs-Routinen, für die entsprechende Änderungen zu erwarten sind, üblicherweise als festwert-programmiert Software persistent abgespeichert. Persistent bedeutet, daß die Software einerseits, insb. auch nach einem durch einen Ausfall der Energieversorgung
- 10 bedingten Neustart der Feldgeräte-Elektronik 1, gelesen und somit ausgeführt werden kann; andererseits kann die Software auch, insb. zum Rekonfigurieren der Feldgeräte-Elektronik 1, umprogrammiert werden.
- 15 Gemäß Fig. 1 umfaßt die Feldgeräte-Elektronik 1 daher des weiteren eine Steuer-Schaltung 14 mit wenigstens einem Mikroprozessor 141, der bevorzugt via Bus-System 12 Zugriff auf das digitale Aufnehmer-Signal x_{32} sowie auf in einer nicht-flüchtigen Datenspeicher-Schaltung 15 der
- 20 Feldgeräte-Elektronik 1 persistent gespeicherte Software hat. Ferner können auch extern ablaufende, via Bus-System 2 mit der Feldgeräte-Elektronik 1 kommunizierenden Prozesse auf die Datenspeicher-Schaltung 15 Daten schreibend und/oder Daten lesend und somit auch auf die
- 25 gespeicherte Software zugreifen.

- Die Datenspeicher-Schaltung 15 kann z.B. mittels eines einzigen EEPROM-Schaltkreises oder mittels mehrerer EEPROM-Schaltkreise realisiert sein. Selbstverständlich
- 30 können auch andere dem Fachmann bekannte nicht-flüchtige Speicher-Schaltkreise wie z.B. FLASH/EEPROM-, EPROM- und/oder CMOS-Schaltkreise für die Datenspeicher-Schaltung 15 verwendet werden.

- Zur Realisierung von schnellen, insb. in Echt-Zeit ablaufenden, Signalverarbeitungs-Routinen umfaßt die Feldgeräte-Elektronik 1 bevorzugt eine als Arbeitsspeicher dienende flüchtige Datenspeicher-Schaltung 16 von geringer Zugriffszeit, in die häufig auszuführende Programm-Codes der Software z.B. aus der Datenspeicher-Schaltung 15 geladen werden können. Die Datenspeicher-Schaltung 16 kann z.B. über das interne Bus-System 12 an die Steuer-Schaltung 14 angekoppelt und/oder als Cachespeicher direkt in die Steuer-Schaltung 14 integriert sein. Als Datenspeicher-Schaltung 16 können z.B. statische und/oder dynamische RAM-Schaltkreise verwendet werden.
- 15 Ferner umfaßt die Feldgeräte-Elektronik 1 eine Energiespeicher-Elektronik 17. Diese dient bevorzugt dazu, eine für wenigstens einen Daten schreibenden Zugriff auf die Datenspeicher-Schaltung 15 erforderliche Energie, insb. auch während eines Ausfalls der via Bus-System 2 realisierten Energieversorgung, vorzuhalten.

- Die in der Datenspeicher-Schaltung 15 abgelegte Software umfaßt gemäß der Fig. 2 wenigstens einen ersten Programm-Code C_{151} , der eine erste Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik 1 repräsentiert und einen aktivierten ersten Speicherbereich 151 der Datenspeicher-Schaltung 15 belegt. Aktivierter Speicherbereich bedeutet hierbei, daß von wenigstens einem im Mikroprozessor 141 ablaufenden Rechen-Prozeß $tsk1$ Daten lesend auf diesen Speicherbereich zugegriffen und der entsprechend gespeicherte Programm-Code, z.B. der Programm-Code C_{151} , ausgeführt werden kann; deaktivierter Speicherbereich bedeutet dementsprechend, daß kein im Mikroprozessor 141

ablaufendener Rechen-Prozeß Daten lesend oder Daten schreibend auf diesen Speicherbereich zugreifen kann.

- Zur Rekonfiguration der Feldgeräte-Elektronik 1 wird der
- 5 Programm-Code C_{151} nach einem Merkmal der Erfindung durch einen dem Umprogrammieren der implementierten Software dienenden, eine zweite Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik 1 repräsentierenden zweiten Programm-Code C_{152} ersetzt, und zwar derart, daß letzterer, wie in Fig. 2
- 10 mit dem strich-punktiert gezeichneten Pfeil symbolisch dargestellt, anstelle des Programm-Codes C_{151} seitens des Rechen-Prozesses $tsk1$ ausführbar ist bzw. ausgeführt wird.
- 15 Gemäß Fig. 1 umfaßt die Datenspeicher-Schaltung 15 zum Ändern der momentan ausgeführten Software ferner mindestens einen aktivierbaren zweiten Speicherbereich 152, in dem der Programm-Code C_{152} gespeichert ist.
- 20 Als Programm-Code können vollständige Programme, z.B. das Meßsignal x_{12} erzeugende Signalverarbeitungs-Routinen, einzelnen Programm-Schritte, und/oder als Programm-Parameter codierte Kalibrier-Daten für das Feldgerät dienen. Des weiteren können auch zur Realisierung von
- 25 Kommunikations-Schnittstellen und/oder zum Treiben peripherer Anzeige-und Bedienelemente dienende Routinen als Programm-Code in der Datenspeicher-Schaltung 15 abgelegt sein. Programm-Codes der beschriebenen Art können sowohl seitens des Herstellers als auch seitens
- 30 des Anwenders, insb. während oder nach der Inbetriebnahme des Feldgerätes, generiert und in die Datenspeicher-Schaltung 15 implementiert worden sein.

Gemäß Fig. 3 kann der Rechen-Prozeß tsk1 im Betrieb der Feldgeräte-Elektronik 1 während eines als Verfahrensschritt 101 dargestellten Zeitintervalls Daten lesenden auf den Speicherbereich 151 zugreifen. Innerhalb
5 dieses Verfahrensschrittes 101 wird der Programm-Code C₁₅₁ somit zumindest temporär im Rechen-Prozeß tsk1 ausgeführt.

Zum Erstellen des Programm-Codes C₁₅₂ wird in einem
10 weiteren Verfahrensschritt 200 gemäß Fig. 3 ein erster Konfigurations-Prozeß tsk2 gestartet, der entsprechende, z.B. manuell eingegebene, Änderungs-Daten TD an die Datenspeicher-Schaltung 15 sendet. Dazu kann der Konfigurations-Prozeß tsk2 bevorzugt sowohl Daten
15 schreibend als auch Daten lesend auf die Datenspeicher-Schaltung 15 zugreifen.

Als Konfigurations-Prozeß tsk2 können z.B. ein in der Feldgeräte-Elektronik 1 oder in einem an die
20 Kommunikations-Schnittstelle 11 das bereits erwähnte Modem angeschlossenen externen Programmiergerät ablaufendes, Editor-Programm oder auch eine, von einem Massenspeicher die Änderungs-Daten TD in die Datenspeicher-Schaltung 15 ladende Speicher-Routine
25 dienen. Der Konfigurations-Prozeß tsk2 kann aber auch auf einem externen, die Änderungs-Daten TD via Bus-System 2 sendenden Programmier-Gerät ablaufen.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß das
30 Feldgerät während des Rekonfigurierens der Feldgeräte-Elektronik 1 im Meßbetrieb verbleiben kann, d.h. auch während des Rekonfigurierens ist stets eine ausführbare Software in der Datenspeicher-Schaltung 15 geladen. Zu diesem Zweck ist der Speicherbereich 151 auch nach dem

Starten des Konfigurations-Prozesses tsk2, wie in Fig. 3 dargestellt, aktiviert, so daß zumindest der bereits erwähnte Rechen-Prozeß tsk1 nach wie vor den die momentan gültige erste Konfiguration repräsentierenden Programm-
5 Code C₁₅₁ ausführen kann.

In einer derartigen, den Rechen-Prozeß tsk1 und den Konfigurations-Prozeß tsk2 umfassenden, Multi-User-Umgebung müssen Daten lesende und/oder Daten schreibende
10 Zugriffe auf die Datenspeicher-Schaltung 15 derart koordiniert werden, daß stets eine ausführbare, insb. zu den vorgegebenen Meßaufgaben konforme, Software aktiviert ist; Änderungen, die zu Inkonsistenzen der ausgeführten Software bezüglich der Meßaufgaben führen können, sind
15 dementsprechend zu verhindern. Dazu wird in der Steuer-Schaltung 14 gemäß Fig. 3 in einem Verfahrensschritt 400 vor dem Beginn des Rekonfigurierens ein Koordinations-Prozeß tsk4 gestartet, der das Daten lesende und/oder das Daten schreibende Zugreifen auf die Datenspeicher-
20 Schaltung 15 seitens im Mikroprozessor 141 ablaufender Prozesse, insb. seitens des Konfigurations-Prozesses tsk2 und/oder seitens des Rechen-Prozesses tsk1, steuert.

Als Koordinations-Prozeß tsk4 kann z.B. ein Persistenz-
25 Manager einer in der Feldgeräte-Elektronik 1 implementierten Datenbank dienen, der wiederum von einem übergeordneten Transaktions-Manager der Datenbank gesteuert werden kann. Diese Datenbank ist ebenfalls als eine Software in der Datenspeicher-Schaltung 15
30 persistent abgelegt. Der Persistenz-Manager und ggf. der Transaktions-Manager können zu deren Ausführung ebenfalls in die Datenspeicher-Schaltung 16 geladen werden.

Nach dem Starten des Konfigurations-Prozesses tsk2 wird letzterer in einem Verfahrensschritt 401 beim in der Steuer-Schaltung 14 ablaufenden Koordinations-Prozeß tsk4 angemeldet und in diesem registriert. Daraufhin
5 reserviert der Koordinations-Prozeß tsk4 den momentan deaktivierten Speicherbereich 152 für den Konfigurations-Prozeß tsk2, und zwar derart, daß exklusiv der Konfigurations-Prozeß tsk2 in einem Verfahrensschritt 201 einen Daten schreibender Zugriff auf den Speicherbereich
10 152 erhält. Zum Konfigurations-Prozeß tsk2 ggf. parallel ablaufende Konfigurations-Prozessen können somit keine Daten in den Speicherbereich 152 einschreiben.

Danach erfolgt das bereits erwähnte Senden der Änderungs-
15 Daten TD an die Datenspeicher-Schaltung 15 seitens des Konfigurations-Prozesses tsk2, dargestellt als Verfahrensschritt 202. Nachdem der Programm-Code C₁₅₂ vom Konfigurations-Prozeß tsk2 vollständig, insb. fehlerfrei, in den Speicherbereich 152 übertragen worden ist, wird
20 vom Konfigurations-Prozeß tsk2 in einem Verfahrensschritt 203 ein entsprechender, das Ende der Übertragung anzeigender Befehl EOT an den Koordinations-Prozeß tsk4 gesendet.

25 Zum Rekonfigurieren der Feldgeräte-Elektronik 1 ist nunmehr lediglich der Speicherbereich 152 mit dem Programm-Code C₁₅₂ zu aktivieren. Aufgrund dessen, daß im Betrieb des Feldgerätes stets nur eine einzige Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik 1 momentan
30 gültig, gleichzeitig also höchstens einer der Speicherbereiche 151, 152 aktiviert sein darf, ist zuvor der bis dahin aktivierte Speicherbereich 151 zu deaktivieren.

Das Deaktivieren des Speicherbereichs 151 und das Aktivieren des Speicherbereichs 152 wird gemäß Fig. 3 in einem einzigen, ebenfalls vom Koordinations-Prozeß tsk4 gesteuerten Verfahrensschritt 500 durchgeführt. Dazu wird
5 mittels der Steuer-Schaltung 14 ein entsprechendes dem Deaktivieren des Speicherbereiches 151 und dem Aktivieren des Speicherbereiches 152 dienendes digitales Auswahl-Signal x_{14} erzeugt. Auswahl-Signal x_{14} kann z.B. ein an die Datenspeicher-Schaltung 15 adressierter und
10 gesendeter Schreib-Befehl sein, der dazu dient, eine persistent gespeicherte, auf den Speicherbereich 151 verweisende erste Sprung-Adresse durch eine auf den Speicherbereich 152 verweisende zweite Sprung-Adresse zu ersetzen; des weiteren kann der als Auswahl-Signal x_{14}
15 dienende Schreib-Befehl auch eine codierte, den Rechen-Prozeß steuernde Kennung der ersten Sprung-Adresse durch eine codierte Kennung der zweiten Sprung-Adresse ersetzen.

20 Da die Speicherbereiche 151, 152 praktisch als Wechselspeicher betrieben werden, befindet sich die Feldgeräte-Elektronik 1 lediglich für eine kurze Dauer, nämlich für die Zeit des Umschaltens vom aktivierten Speicherbereich 151 auf den aktivierten Speicherbereich
25 152, in einem kritischen Zustand, während der die erste Konfiguration außer Betrieb und die zweite Konfiguration noch nicht in Betrieb genommen ist. Das Umschalten der Speicherbereiche erfolgt 151, 152 praktisch mittels eines einzigen Daten schreibenden Zugriff auf die
30 Datenspeicher-Schaltung 15 und kann, insb. auch mittels der in der Energiespeicher-Schaltung 17 vorgehaltenen Energiereserven, ohne weiteres gepuffert werden. Somit ist die momentan gültige Software und damit auch die Feldgeräte-Elektronik 1 während des Rekonfigurierens

und/oder nach einem Ausfall der oben erwähnten, externen Energieversorgung stets in einem ausführbaren Zustand.

Nach dem Beenden des Verfahrensschrittes 500 kann der
5 Rechen-Prozeß tsk1 nunmehr, wie in Fig. 3 schematisch als
Verfahrensschritt 102 dargestellt, den im Speicherbereich
152 abgelegten Programm-Code C₁₅₂ ausführen.
Selbstverständlich kann der aktivierte Programm-Code C₁₅₂
in der oben beschriebenen Weise wiederum durch einen
10 anderen Programm-Code ersetzt werden.

Nach einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens der
Erfindung wird vor dem Starten des Konfigurations-
Prozesses tsk2 der im Speicherbereich 151 befindlichen
15 Programm-Code C₁₅₁ mittels seitens des Mikroprozessors 141
gesteuerter Lese/Schreib-Operationen in den
Speicherbereich 152 übertragen und so eine
Sicherheitskopie vom Programm-Code C₁₅₁ angelegt. Dadurch
ist der Programm-Code C₁₅₁ auch für den Fall eines
20 Software- und/oder eines Hardware-Fehlers im
Speicherbereich 151 mit einer hohen Wahrscheinlichkeit
verfügbar und kann z.B. wiederum mittels eines weiteren,
den Speicherbereich 152 aktivierenden Auswahl-Signals in
einfacher Weise re-aktiviert werden. Das Kopieren des
25 Programm-Codes C₁₅₁ kann z.B. unmittelbar nach dem Laden
des Programm-Codes C₁₅₁ oder nach dem Aktivieren des
Speicherbereiches 151 erfolgen. In analoger Weise kann
der Programm-Code C₁₅₂ nach dem Deaktivieren des
Speicherbereiches 151 vom Speicherbereich 152 in den
30 Speicherbereich 151 kopiert werden.

Die Datenspeicher-Schaltung 15 kann in vorteilhafter
Weise als eine die Speicherbereiche 151, 152 umfaßende,
monolitische Schaltung ausgeführt sein. Die

Speicherbereiche 151 und/oder 152 können aber auch als fest oder als lösbar, insb. steckbar, an das Bus-System 12 gekoppelte Module ausgeführt sein. Für letzteren Fall kann als aktivierter Speicherbereich 152 auch eine
5 externe Datenspeicher-Schaltung, z.B. eine Datenspeicher-Schaltung im bereits erwähnten, an die Feldgeräte-Elektronik 1 angeschlossenen Programmiergerät, dienen, auf die die Feldgeräte-Elektronik 1 zumindest temporär einen Daten lesenden Zugriff hat.

10

Nach einer anderen bevorzugten Weiterbildung des Feldgerätes der Erfindung umfaßt die Datenspeicher-Schaltung 15 ferner einen temporär aktivierbaren dritten Speicherbereich 153 zum Speichern einer eine dritte
15 Konfiguration des Feldgerätes repräsentierenden dritten Programm-Codes C_{153} der Software.

20

Nach einer anderen bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens der Erfindung wird, wie in Fig. 4 als ein
Verfahrensschritt 300 dargestellt, nach dem Registrieren des Konfigurations-Prozesses tsk2 im Koordinations-Prozeß tsk4 ein zweiter Konfigurations-Prozeß tsk3 gestartet, und zwar derart, daß beide Konfigurations-Prozesse tsk2, tsk3 parallel, also praktisch gleichzeitig ablaufen. Im
25 Koordinations-Prozeß tsk4 wird daraufhin in einem Verfahrensschritt 402 der Konfigurations-Prozeß tsk3 ebenfalls registriert und während eines Verfahrensschritt 301 der momentan deaktivierte Speicherbereich 153 für den Konfigurations-Prozeß tsk3 reserviert. Das Reservieren
30 des Speicherbereiches 153 erfolgt in Analogie zum Reservieren des Speicherbereiches 152 derart, daß exklusiv der Konfigurations-Prozeß tsk3 Daten schreibend auf den Speicherbereich 153 zugreifen kann. Mittels des Koordinations-Prozesses tsk4 wird der Speicherbereich 153

gleichzeitig so eingestellt, daß Rechen-Prozesse, wie
z.B. der Rechen-Prozeß tsk1, weder Daten lesend noch
schreibend darauf zugreifen können. Ferner kann der
Konfigurations-Prozeß tsk2 ebenfalls keine Daten in den
5 Speicherbereich 153 einschreiben.

Nach einer weiteren bevorzugten Weiterbildung des
Verfahrens der Erfindung wird der Speicherbereich 152 vom
Koordinations-Prozeß tsk4 nach dem Registrieren des
10 Konfigurations-Prozesses tsk2 so eingestellt, daß der
Konfigurations-Prozeß tsk3 auf den Speicherbereich 152
Daten lesend zugreifen kann. Somit können die durch den
Konfigurations-Prozeß tsk2 vorgenommenen Änderungen der
Software im Speicherbereich 152 vom Konfigurations-Prozeß
15 tsk3 verfolgt und ggf. bei der Erstellung des Programm-
Codes C₁₅₃ berücksichtigt werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Feldgerät mit einer Feldgeräte-Elektronik (1) zum Erzeugen wenigstens eines eine Prozeßmeßgröße (x_{11}) repräsentierenden Meßsignals (x_{12}), bei welchem Feldgerät

5 die Feldgeräte-Elektronik (1) umfaßt:

- eine nicht-flüchtige Datenspeicher-Schaltung (15) zum persistenten Speichern von Software
-- mit einem aktivierten ersten Speicherbereich (151) für einen eine erste Konfiguration der Feldgeräte-

10 Elektronik (1) repräsentierenden ersten Programm-Code (C_{151}) und

-- mit einem deaktivierten zweiten Speicherbereich (152) für einen eine zweite Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik (1) repräsentierenden zweiten Programm-Code

15 (C_{152}), sowie

- eine Steuer-Schaltung (14), die ein dem Deaktivieren des ersten Speicherbereichs (151) und dem Aktivieren des zweiten Speicherbereichs (152) dienendes Auswahl-Signal (x_{14}) erzeugt.

20

2. Feldgerät nach Anspruch 1, das einen an die Feldgeräte-Elektronik (1) angeschlossen, auf die Prozeßmeßgröße x_{11} reagierenden Meßwert-Aufnehmer 3 umfaßt.

25

3. Feldgerät nach Anspruch 1 oder 2, bei dem Datenspeicher-Schaltung (15) einen deaktivierten dritten Speicherbereich (152) für einen eine dritte Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik (1) repräsentierenden dritten

30 Programm-Code (C_{153}) umfaßt.

4. Verfahren zum Rekonfigurieren einer Feldgeräte-Elektronik (1), die umfaßt:

- eine nicht-flüchtige Datenspeicher-Schaltung (15) zum persistenten Speichern von Software und
- 5 - eine Steuer-Schaltung (14),
welches Verfahren folgende Schritte (101, 200, 401, 201, 203, 500) umfaßt:
 - ein in einem aktivierten ersten Speicherbereich (151) der Datenspeicher-Schaltung (15) gespeicherter, eine
 - 10 erste Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik (1) repräsentierender ersten Programm-Code (C₁₅₁) wird von einem Rechen-Prozeß (tsk1) ausgeführt,
 - ein erster Konfigurations-Prozeß (tsk2) wird gestartet und in einem Koordinations-Prozeß (tsk4) registriert,
 - 15 - der Koordinations-Prozeß (tsk4) gewährt exklusiv dem ersten Konfigurations-Prozeß (tsk2) einen Daten schreibenden Zugriff auf einen zweiten Speicherbereich (152) der Datenspeicher-Schaltung (15),
 - der erste Konfigurations-Prozeß (tsk2) sendet
 - 20 Änderungs-Daten (TD) an den zweiten Speicherbereich (152), die dem Erstellen eines eine zweite Konfiguration der Feldgeräte-Elektronik (1) repräsentierenden zweiten Programm-Codes (C₁₅₂) dienen, und
 - 25 - der Koordinations-Prozeß (tsk4) deaktiviert den ersten Speicherbereich (151) und aktiviert den zweiten Speicherbereich (152).

5. Verfahren nach Anspruch 4,

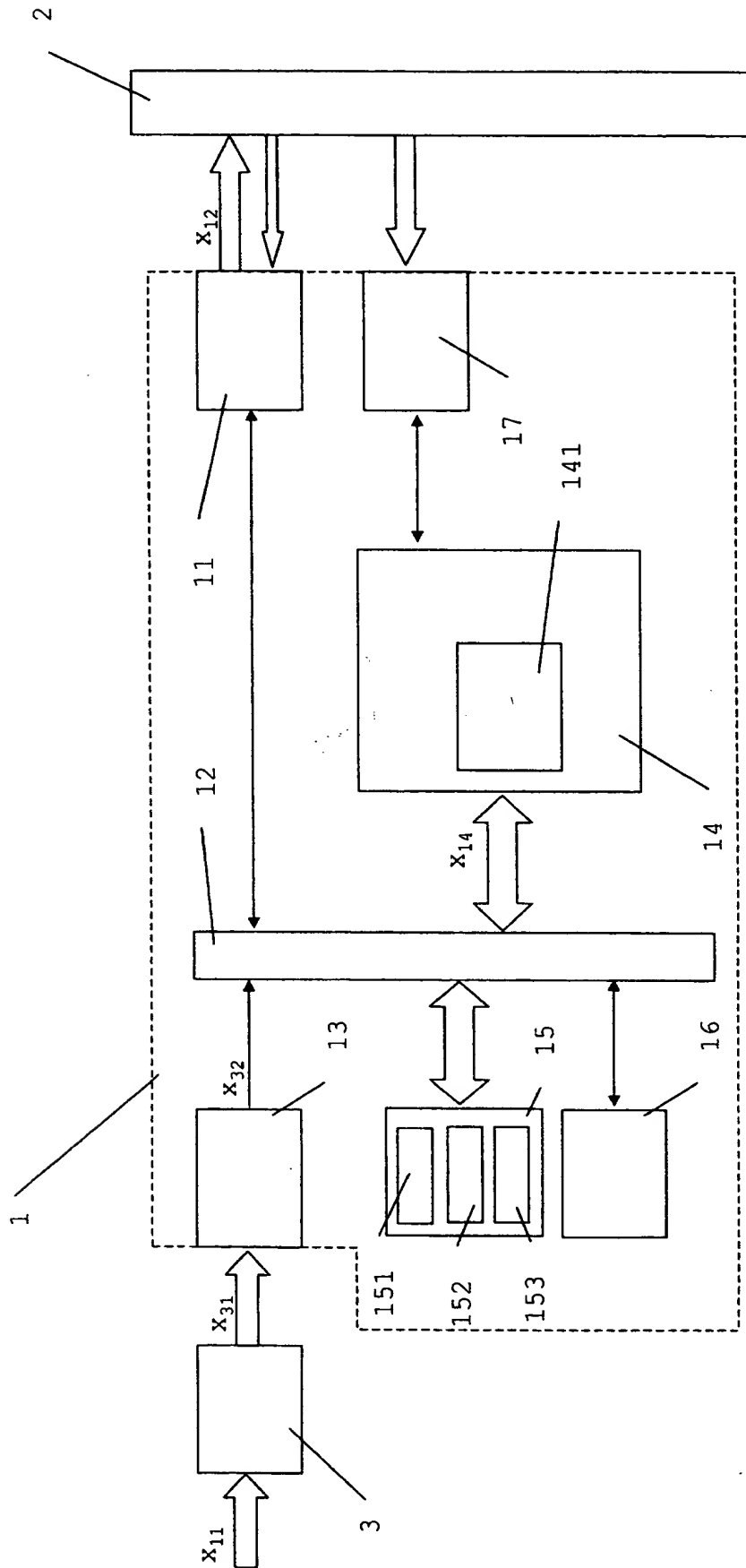
- 30 - bei dem ein zweiter Konfigurations-Prozeß (tsk3) gestartet und im Koordinations-Prozeß (tsk4) registriert wird, und
- bei dem der Koordinations-Prozeß (tsk4) exklusiv dem zweiten Konfigurations-Prozeß (tsk3) einen Daten

schreibenden Zugriff auf einen dritten Speicherbereich (153) der Datenspeicher-Schaltung (15) gewährt.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem der
- 5 Koordinations-Prozeß (tsk4) exklusiv dem Konfigurations-Prozeß (tsk2) einen Daten lesenden Zugriff auf den zweiten Speicherbereich (152) gewährt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem
- 10 vor dem Starten des Konfigurations-Prozesses (tsk2) der erste Programm-Code (C_{151}) in den zweiten Speicherbereich (152) eingeschrieben wird.

This Page Blank (u.s.)

1/4

EPO - Munich
62
11. Feb. 2000*Fig. 1*

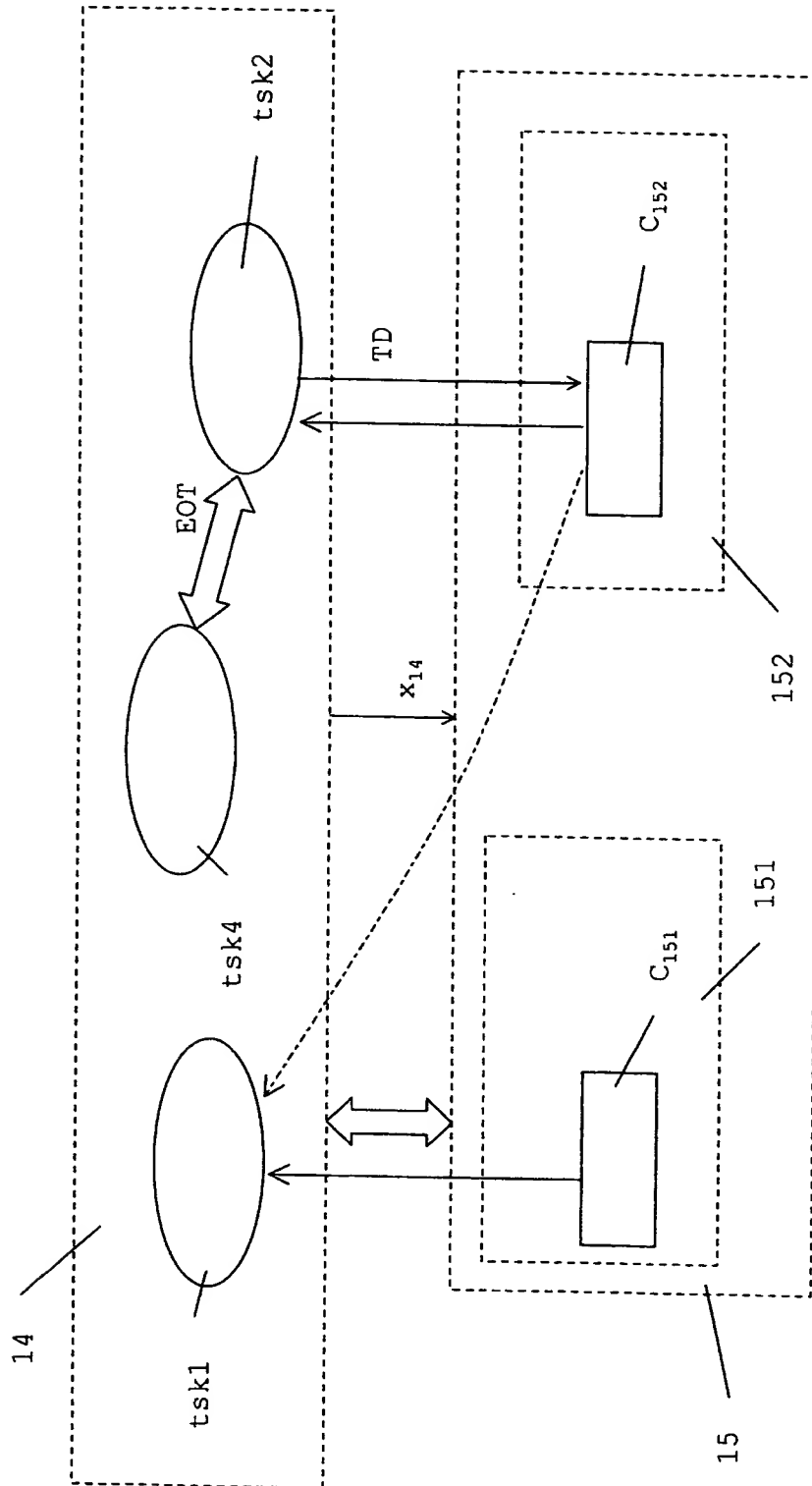
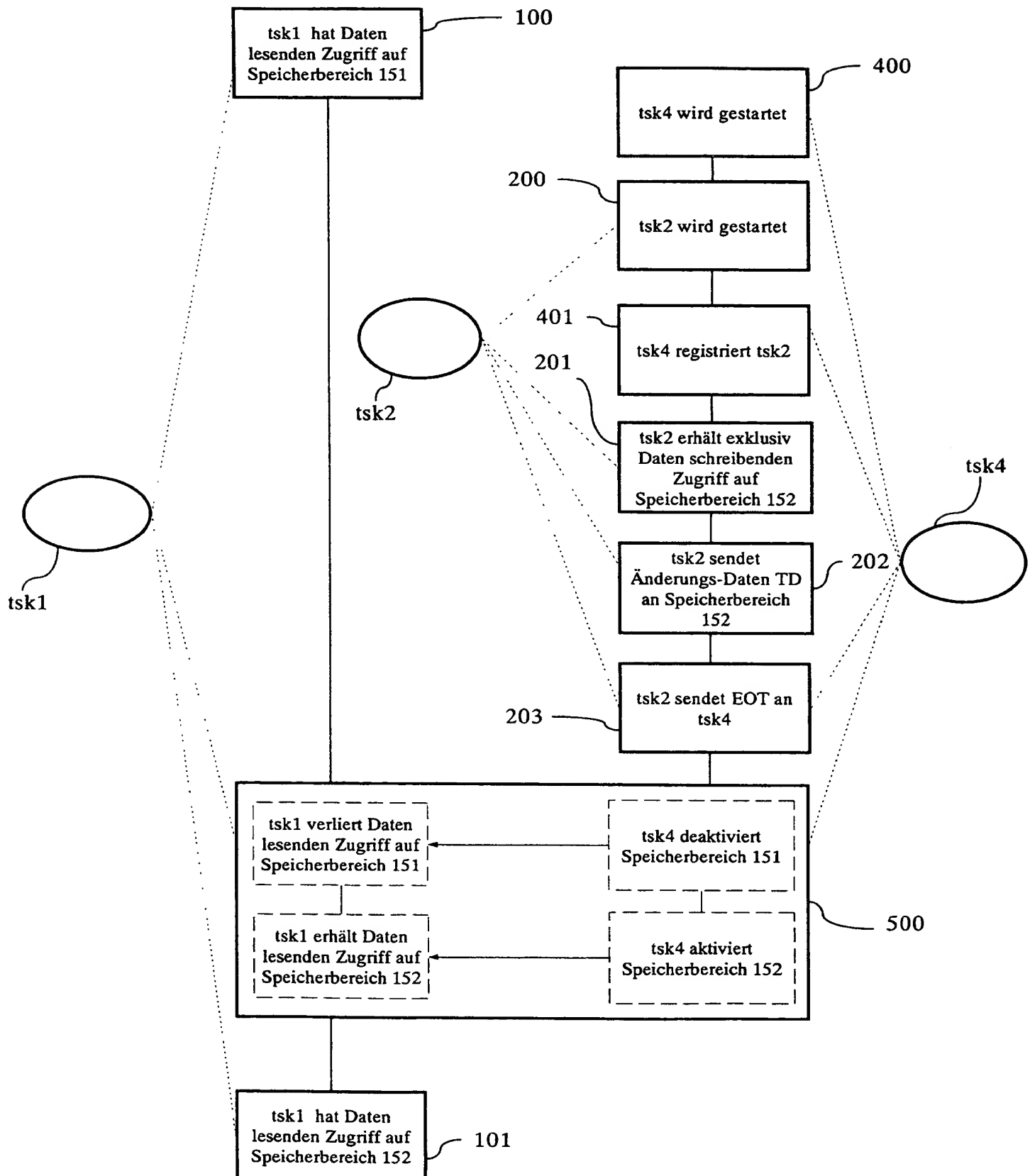
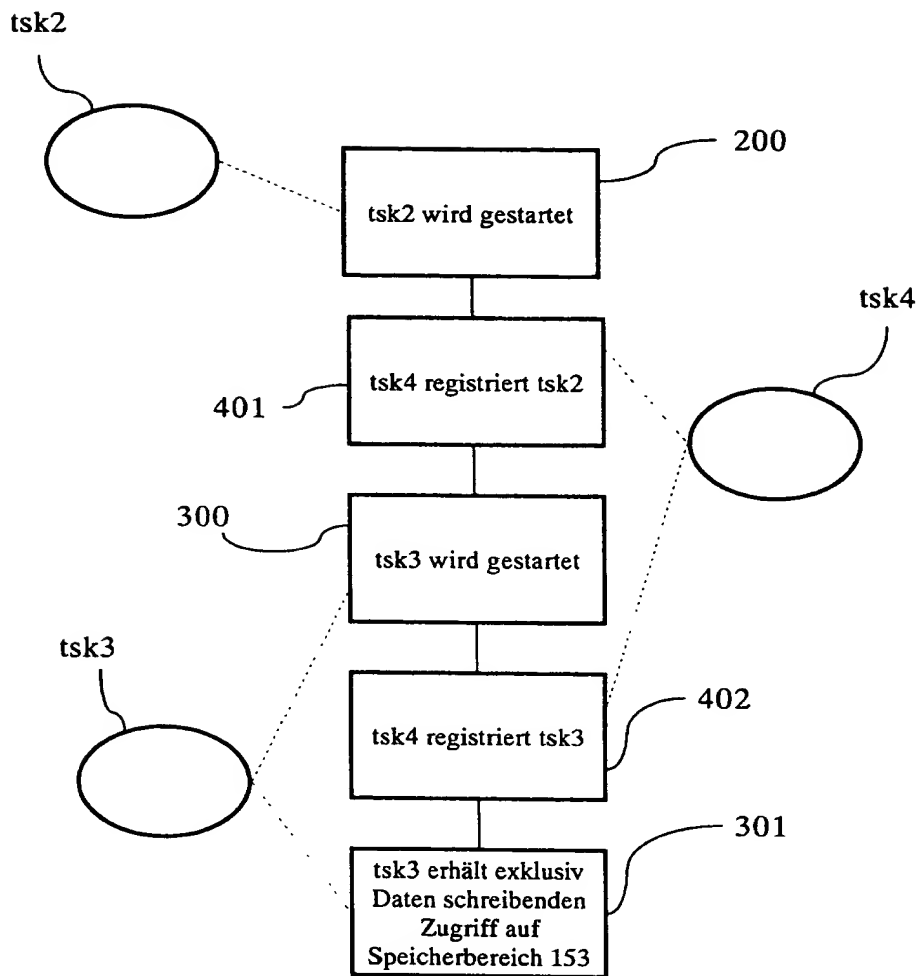


Fig. 2

*Fig. 3*

*Fig. 4*

ZUSAMMENFASSUNGEPO - Munich
62

11. Feb. 2000

Programmierbares Feldgerät

Es wird Feldgerät mit einer programmierbaren Feldgeräte-Elektronik (1) gezeigt, die im On-line-Betrieb

5 Rekonfigurierbar ist und die während sowie nach dem Rekonfigurieren nicht in einen durch dieses Rekonfigurieren bedingten, undefinierten oder fehlerhaften Zustand versetzt wird. Dazu umfaßt die Feldgeräte-Elektronik (1) eine nicht-flüchtige

10 Datenspeicher-Schaltung (15) zum persistenten Speichern von Software mit einem aktivierten Speicherbereich (151) für einen Programm-Code (C₁₅₁) und mit einem deaktivierten Speicherbereich (152) für Programm-Code (C₁₅₂) sowie eine Steuer-Schaltung (14), die ein dem Deaktivieren des

15 Speicherbereichs (151) und dem Aktivieren des Speicherbereichs (152) dienendes Auswahl-Signal (x₁₄) erzeugt. Des weiteren wird ein Verfahren zum Rekonfigurieren der Feldgeräte-Elektronik (1) vorgestellt, bei dem der Programm-Code (C₁₅₁) von einem

20 Rechen-Prozeß (tsk1) ausgeführt wird. Zum Erstellen des Programm-Codes (C₁₅₂) wird ein Konfigurations-Prozeß (tsk2) gestartet, der Änderungs-Daten (TD) an den Speicherbereich (152) sendet.

This Page Blank (uspto)